



Plantadora arrastrada de patata de 4 ruedas.

MÁQUINAS PLANTADORAS Y TRANSPLANTADORAS

Este artículo, dentro del capítulo de máquinas de siembra y plantación, se ciñe a aquellos equipos encargados de manejar órganos vegetativos como son los tubérculos y los bulbos (plantadoras), o las plántulas (transplantadoras).

■ **Pilar Barreiro.** *Profesora Titular*

pbarreiro@iru.etsia.upm.es

■ **Constantino Valero.** *Dr. Ingeniero Agrónomo.*

Ing.Rural. ETSI Agrónomos-Madrid.

En las grandes ferias de maquinaria que han tenido lugar a lo largo de 2003, entre las que se encuentran la SIMA de París o la FIMA de Zaragoza, no encontramos galardones de novedades técnicas que correspondan a las máquinas plantadoras y transplantadoras. Este hecho no implica que no se hayan producido modificaciones en algunos de los modelos comercializados, algunas de las cuales se comentarán en las

siguientes líneas. Al final del texto se hará referencia a los equipos electrónicos que se están incorporando a este tipo de máquinas.

PLANTADORAS

Como es conocido, existe un cierto número de especies (patatas, ajos, ornamentales...) en las que la implantación del cultivo se realiza a partir de órganos vegetativos (tubérculos, bulbos...) y no de semillas. La plantación coincide con la siembra en la necesidad de enterrar el tubérculo, bulbo o semilla a una determinada profundidad, pero difiere de ella en el establecimiento de configuraciones específicas del terreno, esto es, caballones, típicas de la plantación.

La mecanización del proceso de plantación precisa soluciones técnicas específicas, especialmente en lo que refiere a la manipulación del órgano vegetativo, más pesado e irregular que cualquier semilla, y a la conformación del caballón.

Plantadoras de patatas. Las máquinas plantadoras más extendidas son las plantadoras de patatas, que pueden clasificarse de forma genérica, según la alimentación, en manuales y automáticas. Las plantadoras de patatas de alimentación manual han sufrido escasas variaciones en la última década. Habitualmente trabajan sobre dos o más líneas de plantación, distanciadas entre sí entre 30 y 90 cm (10 a 62 cm dentro de la línea, 20.000 a 30.000 plantas/ha), con posibilidad de regulación de la distancia entre cuerpos.

Los operarios, que disponen de un puesto de trabajo por cada línea de plantación montado sobre un basti-

dor perpendicular al avance del tractor, toman los tubérculos de la tolva abierta en su parte inferior y los depositan en el distribuidor. De los sistemas de distribución existentes, el distribuidor de plato horizontal con tubo de caída y el sistema combinado de plato horizontal más vertical son los que más se han extendido.

El empleo de un distribuidor horizontal facilita la labor de alimentación, que no ha de estar sistemáticamente sincronizada con la caída del tubérculo en el fondo del caballón, absorbiendo pequeñas variaciones en el ritmo de alimentación del operario (máximo 80 tubérculos/minuto). En el caso específico del distribuidor combinado, la presencia de un plato vertical elimina elevadas alturas de caída, con la consiguiente disminución del riesgo para el desarrollo del órgano vegetativo, especialmente cuando se emplea patata pregerminada. El distribuidor exclusivamente de plato vertical es el más extendido para la implantación semiautomática de ajos y cebollas tipo chalota. En general, resulta factible adaptar una plantadora de patatas para la plantación de ajos y otros bulbos mediante la sustitución del plato distribuidor y de los elementos alomadores. Un último tipo de distribuidores disponibles en el mercado de plantadoras de alimentación manual es la cadena de cangilones, especialmente indicada para patata pregerminada por la suavidad con que el tubérculo es depositado sobre el terreno. Al igual que con el distribuidor horizontal, este sistema permite trabajar con una cierta acumulación de tubérculos en la cadena, absorbiendo ligeras discontinuidades en la alimentación por parte del operario y mejorando, por tanto, su capacidad y ergonomía.

Como oferta alternativa a las plantadoras de alimentación manual, en los últimos años han ido apareciendo en el mercado máquinas con dispositivos de alimentación totalmente automatizados. Es en este tipo de plantadoras donde se ha producido una mayor evolución en la oferta de soluciones

técnicas derivadas, fundamentalmente, del sistema de alimentación. En Estados Unidos, por ejemplo, ha sido frecuente el empleo de un plato distribuidor de púas para favorecer la perfecta alimentación, aunque su mayor inconveniente es el riesgo de infecciones en el tubérculo. Por su parte, en Europa se comenzó ofertando un sistema de doble tolva (principal y secundaria para la corrección de fallos de alimentación), cuyo mayor inconveniente reside en la necesidad de recargar la tolva secundaria con cierta frecuencia.

ser regulado para corregir el exceso de alimentación. De forma adicional algunas casas ofertan dispositivos electro-ópticos o electro-mecánicos capaces de alertar al conductor cuando pasan dos o más copas vacías. En esta nueva generación de plantadoras se dispone de tolvas de hasta 2.500 kg, máquinas arrastradas con una capacidad de trabajo de hasta 10 ha/día (4 líneas con un marco de 80 x 40 cm). El empleo de una cadena con dobles cazoletas alternas permite obtener distancias de siembra reducidas sin que se registren fallos de alimentación.



Nueva generación. Actualmente, sin embargo, gran número de fabricantes optan por un sistema de alimentación en cadena de dobles cazoletas alternas, con un cierto grado de sobrealimentación (tubérculos dobles en las cazoletas) que combinan con un agitador (shaker) susceptible de

Para emplear patata partida resulta imprescindible adaptar copas específicamente diseñadas en las cazoletas. La normativa internacional que permite evaluar y comparar el funcionamiento de las máquinas plantadoras de patata es la ISO 5691. De acuerdo con esta norma, el error en la distan-

La nueva generación de plantadoras dispone de tolvas de hasta 2500 kg, con gran capacidad de trabajo

El transplante es más costoso pero aporta importantes ventajas y favorece la micropropagación

cia de plantación se cuantifica como la desviación típica asociada a la distancia de plantación media exhibida para una regulación dada. El error debe ser evaluado para tubérculos de distintas formas: redonda, oval, alargada y muy alargada (todas ellas caracterizadas a partir de un índice de forma definido por la norma). Aspectos relevantes según la norma son también el ensayo de la eficiencia de la alimentación para distintos niveles de llenado de la tolva, y/o la evaluación de la agresividad de la máquina para patata pregerminada determinada a partir del número de yemas arrancadas

o heridas por la plantadora.

Paralelamente a la aparición de plantadoras de patatas de alimentación automática, encontramos, también accesibles en el mercado nacional, plantadoras automáticas de ajos, cebollas y bulbos similares a las de patatas en la utilización de una cadena elevadora de los dientes y de los bulbos, pero que emplea como mecanismo adicional una succión neumática del bulbo en el plato de plantación similar al de algunas sembradoras monogranos. La empresa Société Rock incorpora además un dispositivo de sobrepresión para la expuls  n del diente

del plato distribuidor de manera que se garantiza el posicionamiento durante la caída para un óptimo enraizamiento.

Tanto en las plantadoras de alimentación manual como en las automáticas, el accionamiento de los distribuidores se produce a través de las ruedas de apoyo de la máquina. La existencia de una correcta transferencia de peso es fundamental para evitar problemas de deslizamiento (las ruedas recorren un longitud por vuelta superior a la teórica) que redundan en un aumento no controlado de la distancia de plantación. La regulación de la distancia de plantación se efectúa modificando la relación de transmisión entre la rueda motriz y el plato o cadena distribuidora y/o variando el número de alveolos o de cazoletas de los platos o cadenas.

Los elementos abresurcos y alomadores son también elementos comunes susceptibles de regulación en las máquinas plantadoras de alimentación manual y automática. En general, las rejas abresurcos rígidas dan pocas variaciones en plantadoras semisuspendidas, donde las ruedas siguen a las del tractor. Sin embargo, en suelos con grandes variaciones en la textura, los abresurcos flotantes permiten una mayor uniformidad a partir de la actuación de unos potentes resortes; en algunos casos, los abresurcos van asimismo dotados de una rueda de control de profundidad.

En cuanto a los elementos alomadores, cabe distinguir entre las rejas acaballadoras y los discos aporcadores. Las rejas producen caballones voluminosos y uniformes con v  rtices redondeados, disponiendo de protección contra piedras mediante resortes. Los discos aporcadores, en cambio, dan lugar a caballones de v  rtices planos y, en general, son los preferidos cuando se desea realizar un segundo aporcado durante el crecimiento del cultivo. Por otra parte, el uso de los discos aporcadores supone una menor demanda de tracción, no desde  niable, sobre todo, en plantado-

Maquinaria de siembra y plantación

Las máquinas plantadoras y transpladoras pertenecen al capítulo de maquinaria denominado genéricamente de siembra y plantación. De acuerdo con las inscripciones en los Registros Oficiales de Maquinaria Agrícola en el año 2002 se incorporaron 283 nuevos equipos, datos que según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación podrian corresponder al 5% de las ventas totales en dicho período, un 19 % más que en 2001. La mayor cuantía de equipos corresponde a la Comunidad Autónoma de Castilla-León con 96 nuevas inscripciones. Este número puede no resultar llamativo desde el punto de vista del total de maquinaria arrastrada y suspendida inscrita en 2002: 9.153 equipos (Martín, 2003). Otra forma de evaluar el interés potencial de la maquinaria de siembra y plantación es la evolución del coste de la simiente dentro de la totalidad de los medios de producción: maquinaria, fertilizantes, productos fitosanitarios, combustible... En

este sentido cabe destacar que el gasto anual total en Estados Unidos en simiente en el año 2002 fue de 7.500 millones de dólares, un 50 % más que en 1992 (SeedQuest, 2003). En España, el coste de la semilla y plantones utilizados el año 2000 fue de 360 millones de euros (más otros 1.516 mill. gastados en fertilizantes y fitosanitarios), que supone un notable aumento desde el equivalente a 105 millones de 1980 (613 mill. en fertilizantes y fitosanitarios). Asistimos a un efecto cada vez mayor de las variedades cultivadas sobre el rendimiento y sobre el gasto asociado en otros medios de producción. Esto es debido al esfuerzo de las grandes multinacionales de semillas en relación al desarrollo y comercialización de nuevas especies y variedades entre las que se incluye el material genéticamente modificado (GMO). El cada vez mayor coste de la simiente debe estar acompañado del uso de una maquinaria que optimice este recurso.

Plantadora de patatas con tolva de accionamiento hidráulico.



ras de cuatro hileras.

Otros elementos de utilización en plantadoras son los trazadores de huella (permiten mantener la regularidad de la distancia entre líneas en pasadas consecutivas) y los sistemas para el localizado de abonos.

TRANSPLANTADORAS

En gran variedad de especies hortícolas (lechuga, apio, cebolla, brócoli, puerro...), industriales (tabaco, remolacha azucarera) y forestales, la siembra se realiza en semilleros para posteriormente trasladar la plántula a su lugar definitivo de desarrollo mediante transplante. Esta operación resulta necesariamente más costosa tanto en términos económicos, como energéticos, que la implantación del cultivo de forma directa en el terreno definitivo. Sin embargo, se ha ido extendiendo, como consecuencia del elevado coste de las semillas híbridas y de la aparición de la micropropagación para determinadas especies (mejora genética y obtención de plantas libres de virus).

Ventajas del transplante. El empleo del transplante presenta, asimismo, ventajas concretas que han favorecido y siguen impulsando la extensión de esta técnica:

■ Reduce el efecto de las bajas temperaturas en cultivos precoces al aire

libre, eludiendo eventualidades meteorológicas.

■ Evita algunas prácticas culturales como el aclareo y el aislamiento.

■ Reduce la aplicación al aire libre de productos contaminantes, ya que los tratamientos fitosanitarios más importantes se realizan en recintos cerrados.

■ Consolida el vivero horto-ornamental como un nicho de mercado estable,

■ Permite el transplante de plántulas en un estado fenológicamente avanzado cuando se realiza con cepellón, lo que favorece una mayor homogeneidad del cultivo, facilitando asimismo la mecanización de otras operaciones como es la recolección.

La solución técnica seleccionada para cada desarrollo debe estar en armonía con la conformación de la planta a ser transplantada: raíz desnuda, cepellón (6 x 6 cm aprox.), mini-cepellón (3 x 3 cm aprox.), en bandejas (220-448 plantas con alveolos de 2 x 2 cm

aprox.) o en paper-pot (celdas hexagonales de papel biodegradable). Sin embargo, en todos los casos disponemos de un conjunto de elementos comunes: bastidor, rejillas, ruedas, compactadoras, sistema de alimentación y soporte/depósito de plantas junto con otros accesorios como riego localizado o distribuidores de cubierta plástica.

Las transplantadoras, al igual que las plantadoras, pueden clasificarse, en función de las necesidades de mano de obra en la alimentación, en manuales (2.000 a 3.500 plantas/hora y línea de plantación) y automáticas (6.000 a 10.000 plantas/hora y línea). Los datos de capacidad de trabajo que se refieren en este artículo proceden de las casas comerciales, son valores teóricos donde no se tienen en cuenta los tiempos accesorios de viraje, alimentación de las bandejas o posibles paradas de mantenimiento. En el Cuadro 1 se resumen algunas de las caracte-

CUADRO 1: CARACTERÍSTICAS DE LAS MÁQUINAS TRANSPLANTADORAS

Tipo de alimentación	Tipo de distribuidor	Tipo de plántula y/o cultivos
Manual	Disco vertical de caucho	Raíz desnuda
	Disco vertical de pinzas	Raíz desnuda y/o mini cepellón
	Pinzas sobre cadena vertical	Raíz desnuda y/o mini cepellón
	Disco horizontal de vasos	Cepellón
Automática	Cinta transportadora	Hortícolas
	Bandeja de alveolos	Hortícolas
	Paper-pot	Remolacha

John Deere fue premiado en FIMA'03 por un sistema que determina la anchura correcta de trabajo

rísticas de las máquinas transplantadoras disponibles en el mercado nacional de maquinaria agrícola, así como los cultivos de aplicación.

Un aspecto común a todas las máquinas transplantadoras es que precisan una velocidad de trabajo muy reducida (inferior a 2 km/h) comparado con las máquinas plantadoras (5 a 7 km/h), debido a la necesidad de que la plántula quede erguida en el suelo. El tractor que porte la máquina, por tanto, ha de estar preparado para trabajar uniformemente a velocidades muy reducidas y es conveniente que disponga de una opción superreductora en el conjunto de velocidades de trabajo. Dentro de los sistemas de alimentación manual en las transplantadoras, el más antiguo es el de discos, ofertado en la actualidad en caucho, empleado en todos los casos en plantas a raíz desnuda; los discos disponen de unas marcas con el fin de asistir al operario para conseguir homogeneidad en la distancia de transplante. Unos dispositivos alternativos de alimentación manual son los discos de pinzas con configuraciones específicas en plantas a raíz desnuda (distancias habi-

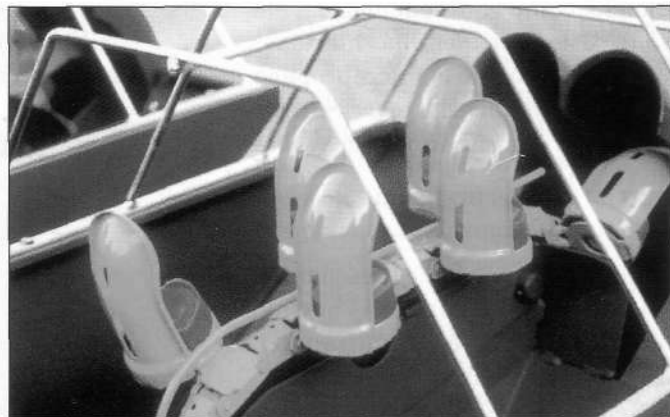
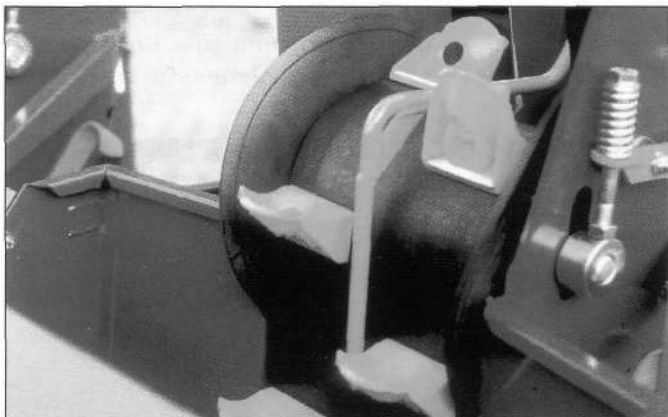
tuales de 20 a 50 cm o alta densidad 6 a 15 cm) y mini-cepellón. Las pinzas se cierran manual o automáticamente, una vez que el operario ha colocado la planta. En todos los casos, dichas pinzas se reabren automáticamente cuando la planta ha sido depositada en el orificio abierto en el suelo por las rejas. Tanto en el sistema de discos blandos como en el de discos de pinzas se requiere una alimentación continua por parte del operario. Otro dispositivo alimentador de tipo manual son las pinzas sobre cadena vertical, ofertadas para raíz desnuda y/o mini-cepellón según los modelos y casa comerciales. Estos disponen de un mayor recorrido que los discos de pinzas para la colocación de las plántula, absorbiendo pequeñas alteraciones en el ritmo de plantación por parte del usuario.

Finalmente, dentro de los dispositivos alimentadores de tipo manual, encontramos los distribuidores horizontales de vasos. Estos elementos al igual que los anteriores, tienen la ventaja de no precisar alimentación continua. Sin embargo en los distribuidores de vasos es conveniente emplear plantas

con un cepellón voluminoso, de tal manera que el centro de gravedad de la plántula se encuentre lo más bajo posible y así favorecer la verticalidad de las plantas, que de otro modo no es fácil de garantizar en su caída. En este caso, pequeñas variaciones en la estrategia de caída de la planta: directa en el surco o en fondo cerrado con expulsor, pueden determinar diferencias funcionales importantes.

En todas las máquinas transplantadoras de alimentación manual se precisa de un puesto de operario por línea. Para entrelíneas inferiores a 35 cm, en muchos casos, se opta por un bastidor con dos travesaños, distribuyéndose los puestos de trabajo alternativamente entre ambos. Como novedad, la empresa Checchi & Magli ha presentado este año un nuevo modelo que con un solo distribuidor de vasos permite transplantar simultáneamente dos líneas pareadas, de manera que el operario realiza en una única operación la alimentación de toda una meseta de siembra.

Transplantadoras automáticas. Como alternativa a las transplantadoras de alimentación manual, existe en el mercado una incipiente oferta de transplantadoras automáticas (7.000 a 10.000 plantas/hora y línea de capacidad teórica). Aunque en la mayoría de los casos estas máquinas no permiten la sustitución total de los operarios de la plataforma de distribución, sí queda reducida a 1 operario



Detalle de elementos distribuidores de plantadoras: de vasos para semilla calibrada y de cuchara.

por cada 3 ó 4 líneas de transplante. Entre los mecanismos automatizados existentes en el mercado destaca la alimentación: en cinta transportadora sobre cepellón cúbico (Regero), en bandeja para cultivos hortícolas (Vila Grancha S.L.) y en paper-pot para remolacha (Circle Tekko Co.).

Al igual que en las máquinas plantadoras, el accionamiento de los discos o cadenas de alimentación en el transplante se produce a través de ruedas de apoyo de la máquina y, por tanto, la minimización del deslizamiento es imprescindible para conseguir una distancia homogénea de transplante. La re-gulación de la distancia entre plantas dentro de cada línea se efectúa modificando la relación de transmisión entre la rueda motriz y el disco o cadena distribuidora y/o modificando el número de pinzas. En el mecanismo automatizado de cinta transportadora se consigue variando la relación entre la velocidad de avance de la cinta y el avance de la máquina.

Para completar la descripción y regulación de las máquinas transplantadoras, no hay que olvidar que la correcta adaptación de las rejas al terreno (adecuado control de profundidad), así como la orientación apropiada de los discos compactadores son imprescindibles para garantizar el asentamiento de las plántulas en el terreno definitivo de cultivo. Asimismo en máquinas que dispongan de un sistema de cubiertas plásticas, es imprescindible que el mecanismo de inserción de la plántula en el suelo tenga un diseño específico capaz de penetrar este tipo de materiales.

CONTROLES ELECTRÓNICOS.

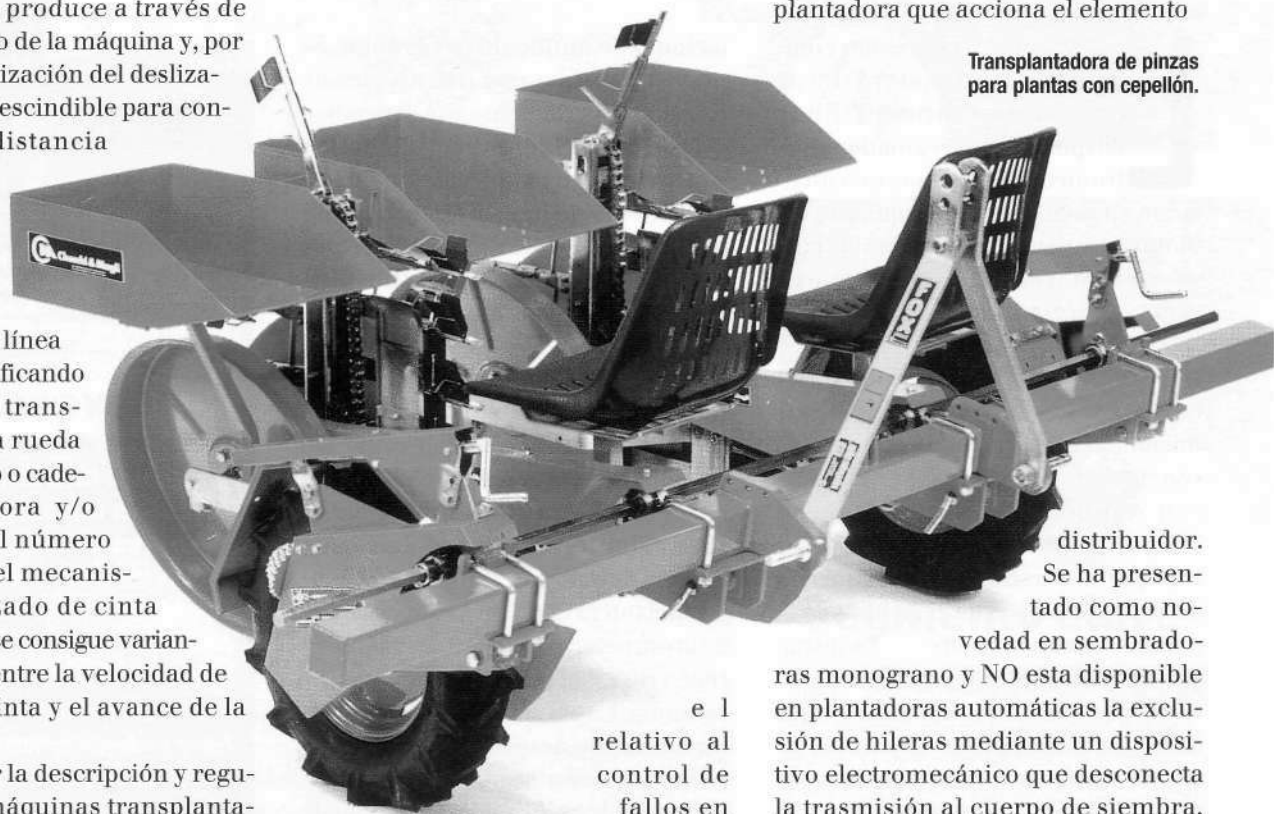
Los dispositivos que se van a mencionar en este apartado no difieren de los

que pueden encontrarse en las sembradoras monograno dado que conceptualmente este grupo de máquinas no está tan alejado de las plantadoras y transplantadoras. El objetivo en todas ellas es la singularización de un órgano vegetativo (semilla, tubérculo, bulbo o plántula) en una línea con accionamiento del elemento distribuidor desde la rueda motriz de la máquina.

El primer **dispositivo electrónico** es

consecuencia un incremento en la distancia de plantación o transplante. Es por tanto contrapuesto al resbalamiento de las ruedas del tractor (las ruedas giran sin avanzar) que en la máquinas abonadoras genera un incremento no controlado en la dosis aplicada. Para determinar el deslizamiento puede emplearse un detector inductivo junto con unos marcadores metálicos en la rueda de apoyo de la plantadora o transplantadora que acciona el elemento

Transplantadora de pinzas para plantas con cepellón.



distribuidor. Se ha presentado como novedad en sembradoras monograno y NO esta disponible en plantadoras automáticas la exclusión de hileras mediante un dispositivo electromecánico que desconecta la transmisión al cuerpo de siembra, este dispositivo no tiene sentido en máquinas de alimentación manual.

e l
relativo al
control de
fallos en
la alimenta-

ción del distribuidor que suele ser de tipo electro-óptico. En condiciones de correcta alimentación el órgano vegetativo interrumpe el paso de un haz de luz hacia un detector, de tal manera que la detección de luz implica la existencia de un fallo de alimentación.

Otro tipo de **dispositivo electrónico** de gran relevancia es el que determina la velocidad de giro de las ruedas de apoyo de la máquina para cotejarlo con la velocidad de avance de la máquina y así **establecer el nivel de deslizamiento**. En las máquinas arrastradas y semisuspendidas el deslizamiento se produce cuando la rueda avanza frenada sin girar, y tiene como

La correcta **anchura de trabajo** que convencionalmente se establece con un marca huellas puede ahora determinarse con un sistema del tipo **Parallel Tracking** de John Deere premiado en FIMA 2003 como novedad técnica. Limita el error porcentualmente a la anchura de trabajo, lo que aporta sus mayores beneficios a las abonadoras centrífugas de doble disco y los pulverizadores hidráulicos de mayor porte, aunque no invalida su utilización en máquinas de esta naturaleza.